

# 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau  
von Makro bis Nano /  
Mechanical Engineering  
from Macro to Nano**

**Proceedings**

Fakultät für Maschinenbau /  
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

## Impressum

Herausgeber:	Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
Redaktion:	Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten Andrea Schneider  Fakultät für Maschinenbau Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß, Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges, Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer, Dipl.-Ing. Silke Stauche
Redaktionsschluss: (CD-Rom-Ausgabe)	31. August 2005
Technische Realisierung: (CD-Rom-Ausgabe)	Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau Dipl.-Ing. Christian Weigel Dipl.-Ing. Helge Drumm Dipl.-Ing. Marco Albrecht
Technische Realisierung: (Online-Ausgabe)	Universitätsbibliothek Ilmenau <a href="#">ilmedia</a> Postfach 10 05 65 98684 Ilmenau
Verlag:	 Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V. Werner-von-Siemens-Str. 16 98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe):	3-932633-98-9	(978-3-932633-98-0)
ISBN (CD-Rom-Ausgabe):	3-932633-99-7	(978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:  
<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Andreas Emmel

## **Werkstoffe und Fertigungsverfahren für skalierbare Strukturen**

### **ABSTRACT**

Skalierbare Größen und Strukturen entstammen meist Überlegungen der Ähnlichkeitstheorie und finden insbesondere bei strömungstechnischen Problemen Anwendung. Für den Werkstoffkundler ergeben sich aus diesen Betrachtungen Anforderungen an die Gestaltung von Oberflächen, an die Schaffung definierter Topographien. Mit der Begrifflichkeit skalierbare Werkstoffe werden hier mögliche Morphologien, Gefügebildungen, verbunden. Auf beide Aspekte, deren Verknüpfung und ihre praktische Anwendung im Maschinenbau soll eingegangen werden.

Die Mikro- und Nanotechnologien bieten zahlreiche Verfahren zur Schaffung nahezu beliebiger Strukturen. Im Wesentlichen aus Kostengründen konnten im Maschinenbau diese Techniken noch keinen Einzug finden. Bei einzelnen, hoch belasteten Bauteilen, z.B. bei Gleitlagern [1], beginnen sich erste Anwendungen von spezifischen, zunächst gerechneten und dann gefertigten Oberflächen heraus zu bilden. Im Lastenheft dieser tailored-surfaces begegnen die berechneten Strukturen, den Anforderungen einer Serienfertigung. Als Fertigungsverfahren bieten sich dabei oftmals Lasertechniken an. Als besonders geeigneter Laser hat sich ein grüner Nd:YAG-Laser mit mehr Achsen Portal und Scanner-Optik erwiesen. Werkzeugformen und Pumpenlaufräder ließen sich so erfolgreich bearbeiten. Nicht zusammenhängend und dennoch die Mikrohydrodynamik maßgeblich beeinflussend ist die Strukturierung von Zylinderlauflächen bei Dieselmotoren [2]. Seit Januar 2004 befindet sich dieses Verfahren in der Serie bei der AUDI AG für die neue Generation an 6 Zylinder TDI-Motoren [3]. Im Gegensatz zum geläufigsten Verfahren, dem Honen, sollte eine unterbrochene Profilierung der Oberfläche geschaffen werden. Hierzu boten sich zwei Ansätze an, das selektive Abtragen von Material oder das selektive Freilegen einer Komponente. Fe-Gusswerkstoffe beinhalten Graphit, der im Gegensatz zur Matrix keine eigene flüssige Phase ausbildet. Durch die Wahl geeigneter Prozessparameter gelingt es beim Umschmelzen der Oberflächen mittels Laserstrahlung die Matrix als einen dünnen Film derart anzuschmelzen, dass der Graphit weder gelöst noch benetzt wird. Bei dem nachfolgenden Erstarren zieht sich die Schmelze in den Zwischenräumen der Graphitausscheidungen zusammen und „frei gelegter“ Graphit entsteht. Dieser kann zu Beginn des motorischen Betriebs Öl binden, bzw. nach seinem Ausbrand verbleibt ein Netzwerk an einzelnen

Poren, die dann das notwendige Ölhaltevolumen zur Ausbildung der sog. Mikrohydrodynamik [4] bilden.

Die Zusammenhänge zwischen dem Gefüge und den erreichbaren mechanischen Eigenschaften sind seit Beginn des vorigen Jahrhunderts Gegenstand intensiver Forschungsarbeiten, insbesondere die Knetlegierungen. Gusslegierungen sind bezüglich ihrer Strukturgrößen durch Dendritenradien oder –armabstände, durch die Art der Eutektika sowie deren Verteilung bzw. Lamellenabstände beschrieben. Jedoch fehlt hier oftmals die Brücke zwischen den Struktur- und den Bauteileigenschaften. Anhand des Systems Fe–C–Cr wird eines der grundsätzlichen Probleme veranschaulicht. Die Erstarrung von hoch Cr-haltigen Schmelzen unter Gießerei-technischen Bedingungen führt zu versprödeten Bauteilen, die dann einer spezifischen Wärmebehandlung unterzogen werden müssen. Interessante Alternativen stellen dazu Oberflächentechnologien dar, die durch entsprechende Aufheiz- und Abkühlbedingungen - durch die Beeinflussung der Kinetik der Phasenumwandlungen – technologisch geeignetere Gefüge generieren können. Entsprechende Beispiele aus dem Bereich des Laserumschmelzens und – beschichtens werden gegeben. Die Skalierung der Gefüge gelingt dabei über 3 Zehnerpotenzen von nanokristallinen Ausscheidungen bis mehrere 10 µm große Körner. Typische Schichtstärken liegen zwischen 0,3 – 2 mm. Der Wechsel von multi kW-Nd:YAG zu Excimer-Lasern ermöglicht ähnliche Skalierungen in Schichten von insgesamt 1 µm Stärke. Hohe Versetzungsdichten, hohe Anteile interstitiell gelöster Atome sowie nanokristalline Gefüge zeichnen diese Schichten aus [2]. In ihrer Morphologie entsprechen sie Oberflächen nach dem Einlaufverschleiß [5] bzw. nach der sog. severe plastic deformation [6, 7]. Anwendung finden sie bei der o.g. Zylinderlauffläche. Vom metallurgischen Standpunkt aus bieten die thermischen Verfahren der Oberflächentechnik interessante Potenziale zur Gestaltung funktionsorientierter Oberflächen.

#### **Literatur- bzw. Quellenhinweise:**

1. Etsion, I., Y. Kligerman, and G. Halperin, *Analytical and Experimental Investigation of Laser-Textured Mechanical Seal Faces*<sup>(C)</sup>. Tribology Transactions, 1999. **42**(3): p. 511 - 516.
2. Horst, L., B. Hans-Wilhelm, and e. al., *Präzisionsbearbeitung von Grauguss-Zylinderlaufbahnen von Verbrennungskraftmaschinen mit UV Photonen*, in VDI Bericht 1272, VDI, Editor. 1999: Düsseldorf.
3. Anton, C., et al., *Der neue 3-l-V& TDI-Motor von Audi*. MTZ, 2004. **65**(7-8): p. 518 - 531.
4. Langemann, V., *Numerische Verfahren zur tribologischen Charakterisierung bearbeitungsbedingter rauher Oberflächen bei Mikrohydrodynamik und Mischreibung*. 2000, Univ. Kassel.
5. Scherge, M., D. Chakhvorostav, and D. Pöhlmann. *Neueste Ergebnisse zu grundlegenden Verschleißmechanismen von Metallen*. in GFT-Jahrestagung. 2002.
6. Valiev, R., *Paradoxes of Severe Plastic Deformation*. Advanced Engineering Materials, 2003. **5**(5): p. 296 ff.
7. Xu, C., M. Furukawa, and e. al., *Achieving a Superplastic Forming Capability through Severe Plastic Deformation*. Advanced Engineering Materials, 2003. **5**(5): p. 359 ff.

#### **Autorenangabe:**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Emmel  
FH Amberg-Weiden, Kaiser-Wilhelm-Ring 23  
92224 Amberg  
Tel.: 09621 / 482 -288  
Fax: 09621 / 482 -145  
E-mail: a.emmel@fh-amberg-weiden.de